



10 y 11 de septiembre de 2014
Torre de Ingeniería, CU

***Proyecto de investigación sobre la calidad del agua
captada de lluvia que ofrece el dispositivo PWS de
la empresa Suministros y Soluciones en Ingeniería
en conjunto con la FES Acatlán***

AUTORES:

Dr. Darío Rivera Vargas

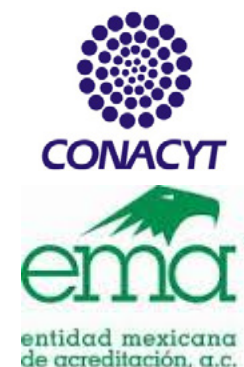
Ing. José Rodolfo Torres Márquez

Breve reseña histórica

- 2008 – Conceptualización de la idea
- 2009 – Croquis de fabricación.
Ensayo y prueba de prototipos.
Fabricación del primer modelo de 4" en
fibra de vidrio.
Presentación ante CNA Y SACMEX.
- 2010 – Generación de planos.
Trámite de patente.
- 2011 – Promotoría.
Investigación de Mercado.
- 2012 – Pruebas de eficiencia CIDESI.
Trámite de Patente ante el IMPI.
Presentación ante el IMTA.
- 2013 – Conferencias en Universidades como:
Anáhuac, FES ACATLÁN y La Salle.
- 2014 – Presentación ante INADEM y COFOSE

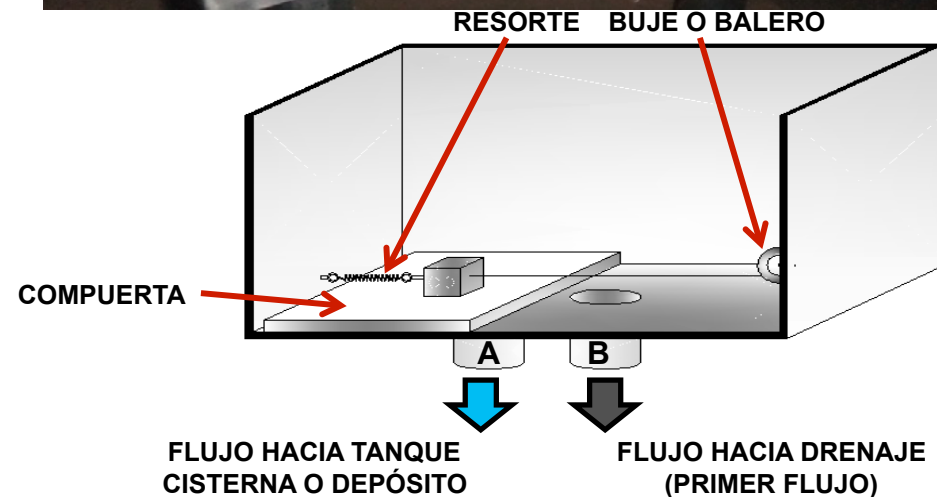


**Laboratorio de Volumen y Masa
CIDESI, QUERÉTARO, MÉXICO**



¿Cómo funciona?

- Durante los primeros instantes de lluvia, la tapa de la compuerta esta inmóvil.
- Si el evento de lluvia continúa, se empieza a llenar el contenedor, generando por peso propio la fuerza necesaria para ir deslizando poco a poco la tapa de compuertas, de una posición de inicio “A” a una posición final “B”.
- Cuando deja de llover, el contenedor se empieza a vaciar por el vertedor y la Tapa de Compuertas hace un movimiento a la inversa, de una posición “B” a la posición “A”, cerrando nuevamente la compuerta que conduce el agua limpia hacia nuestro depósito o cisterna, realizando de esta manera un ciclo completo de captación en cada ocasión que se presente un evento de lluvia.



Calidad Promedio del Agua Captada con el Sistema ANTES DE FILTRADO

PARÁMETROS	Coliformes totales	Coliformes fecales	Mesofilicos aerobios	Hongos y levaduras	Dureza total	Escherichia coli	Vibrio cholerae	Salmonella spp.	Cloro residual	ph
Valor Promedio de Norma	2.0 NMP/100 ml	0 UCF/100 ml	UCF/ ml	UCF/ ml	500 mg/L CaCO3	VPN Ausente	VPN Ausente	VPN Ausente	0.2-1.5 mg/L	6.5 – 8.5 Unidad pH
	< 1.1	0	72	0	172	Ausente	Ausente	Ausente	0	7.85

El sistema fue presentado ante los coordinadores del programa PUMAGUA en sus oficinas de Ciudad Universitaria, donde el entonces coordinador, Dr. Rafael Val, nos invitó a instalarlo para su prueba en la FES Acatlán, ya que causó impacto el resultado de laboratorio para el análisis bacteriológico.

**Seguimiento de pruebas al sistema
en la presente temporada de lluvias,
FES Acatlán. Marzo-Septiembre 2014**



Seguimiento

Instalación y puesta en operación del sistema para captación de agua de lluvia *PWS*



VÁLVULA PWS-3"



CONTENEDOR Y BRAZOS



BAJANTE DE 3" Y TINACO



INICIO DE PRUEBAS: MAYO 2014

Se instaló el sistema *Plu Water System* para prueba de su efectividad.

Para realizar la instalación del sistema, fueron necesarios trabajos preliminares para su puesta en marcha como son:

- Limpieza y lavado de la techumbre de lámina de asbesto (área designada para captación)
- Mejoramiento de la pendiente del canalón, mediante láminas pegadas con silicón
- Sellado de lámina que ya se encontraba rota
- Lavado y limpieza de lodos del canalón
- Desinfección de techumbre con agua clorada



La acumulación de polvo y humedad durante años dio como resultado la formación de limo orgánico que en este caso se encontraba fuertemente adherido a la lámina, y fue necesario rasparlo y posteriormente lavar perfectamente hasta quitarlo.

Condiciones del sitio:

Nos encontramos en un caso con casi todas las condiciones adversas como son:

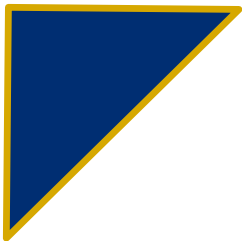
- ☐ Techumbre de asbesto con más de 20 años de vida, con limo orgánico y muy sucia para nuestros propósitos.
- ☐ Estancamiento de agua en el canalón, lo que genera que se desarrollen bacterias, se produzcan lodos y se acumule basura.
- ☐ Mínimas condiciones para fijación de nuestro sistema encima de la techumbre.
- ☐ Bajante existente de 4" que nos complicó la instalación del nuevo bajante de 3".



Limpieza de lodos



En todo el canalón se estancaba el agua



Proceso de instalación



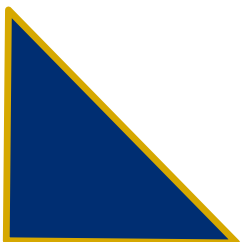
CORTE DE BAJANTE

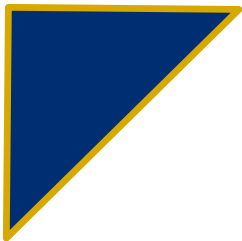


INSTALACIÓN DE VÁLVULA

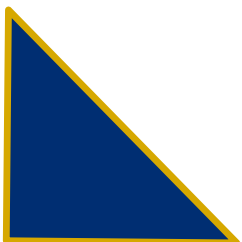


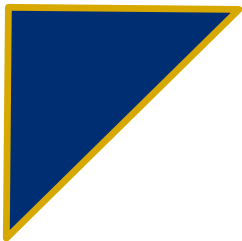
INSTALACIÓN DE CONTENEDOR



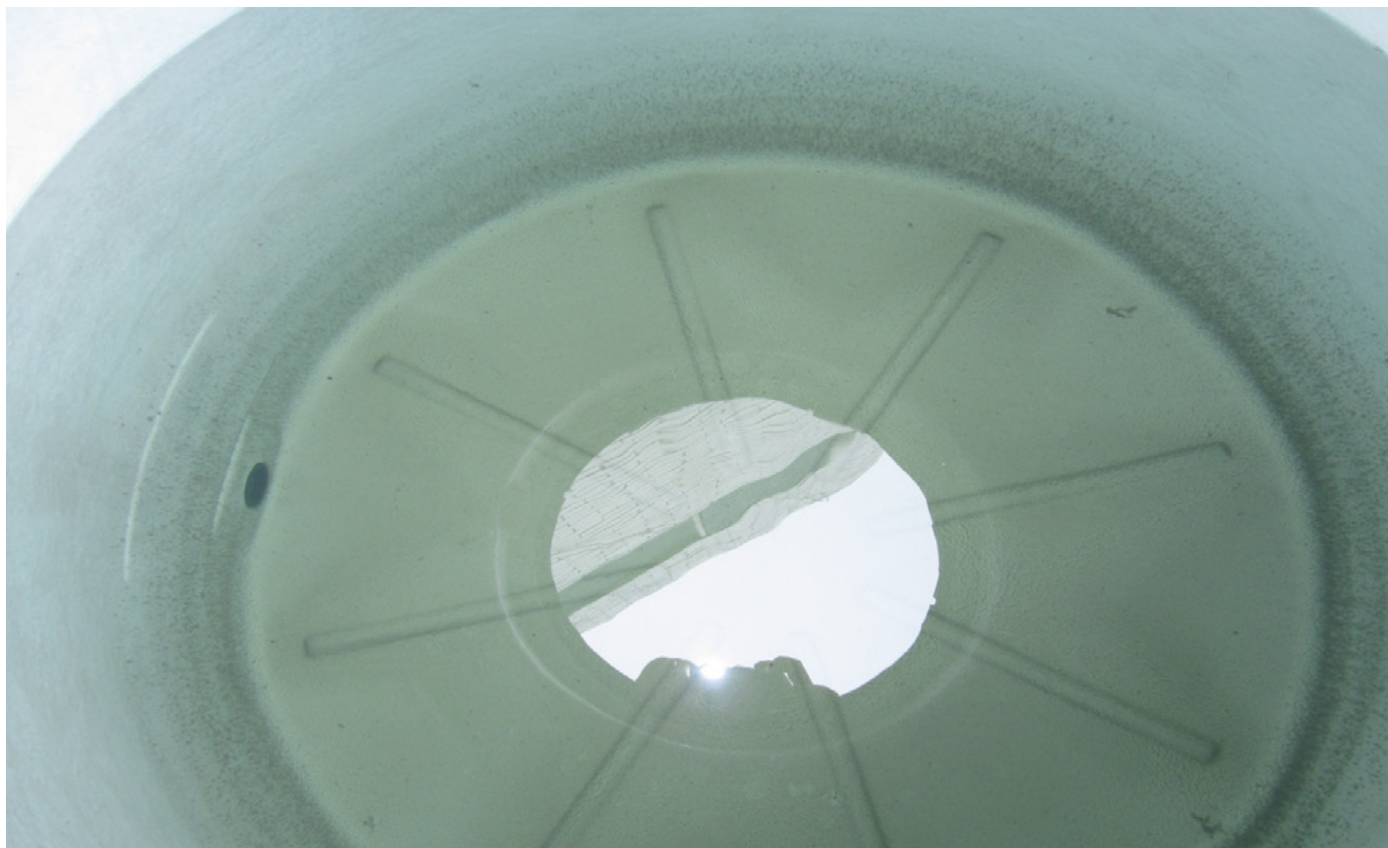


Condiciones adversas al propósito de captar agua de lluvia con buena calidad

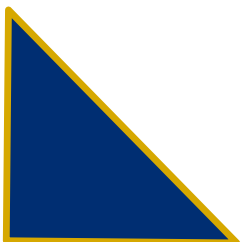




Imágenes del agua captada de lluvia en la techumbre de asbesto, ubicada en los laboratorios de Ingeniería Civil – Acatlán



Condiciones del agua para la toma de muestra



08 de Julio de 2014

SUMINISTROS Y SOLUCIONES EN INGENIERÍA

PROYECTO PUMAGUA FES ACATLAN

Estudio Realizado: **Análisis Bacteriológico de Agua**

Atención: Sr. Rodolfo Torres.

Muestra: **Agua de Lluvia Toma 1**

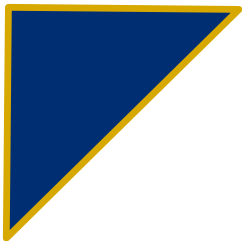
Fecha de Recepción: 04-07-14

Presentación: Botella PET 1 L

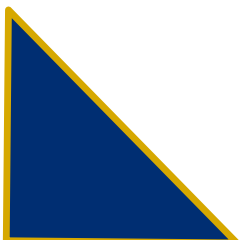


Parámetros analizados	Método	Resultado
Coliformes totales	NOM-244-SSA1-2008	Ausente
VPN Ausente UFC/100 ml	MOD. NOM-127-SSA1-1994	
Coliformes fecales	NOM-244-SSA1-2008	Ausente
VPN Ausente NMP/100 ml	MOD. NOM-127-SSA1-1994	
Mesofilicos aerobios	NOM-092-SSA1-1994	50
UFC/ml		
Escherichia coli	NOM-244-SSA1-2008	Ausente
VPN Ausente		
Salmonella spp.	NOM-114-SSA1-1994	Ausente
VPN Ausente		
Dureza Total	NMX-AA-072-SCFI-2001	26
VPN ≤ 500 mg/L CaCO ₃	MOD. NOM-127-SSA1-1994	
pH	NMX-AA-008-SCFI-2011	7.30
MOD. NOM-127-SSA1-1994		
VPN 6.5 - 8.5 Unidad pH		
Cloro residual	NMX-AA-108-SCFI-2001	0.0
VPN 0.2 - 1.5 mg/L	MOD. NOM-127-SSA1-1994	

♦ Se detecta la presencia de partículas suspendidas.



Imágenes del agua captada de lluvia después de re-calibración del sistema *PWS*



23 de Julio de 2014

SUMINISTROS Y SOLUCIONES EN INGENIERÍA

PROYECTO PUMAGUA FES ACATLAN

Estudio Realizado: **Análisis Bacteriológico de Agua**

Atención: Sr. Rodolfo Torres.

Muestra: **Agua de Lluvia Toma 1**

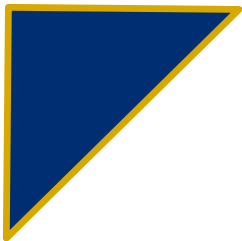
Fecha de Recepción: 21-07-14

Presentación: Botella PET 1 L

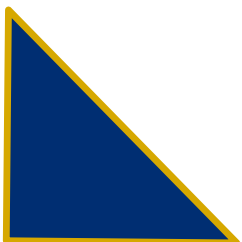


Parámetros analizados	Método	Resultado
Coliformes totales VPN Ausente UFC/100 ml	NOM-244-SSA1-2008 MOD. NOM-127-SSA1-1994	Ausente
Coliformes fecales VPN Ausente NMP/100 ml	NOM-244-SSA1-2008 MOD. NOM-127-SSA1-1994	Ausente
Mesofilicos aerobios UFC/ml	NOM-092-SSA1-1994	<u>30</u>
Escherichia coli VPN Ausente	NOM-244-SSA1-2008	Ausente
Salmonella spp. VPN Ausente	NOM-114-SSA1-1994	Ausente
Dureza Total VPN ≤ 500 mg/L CaCO ₃	NMX-AA-072-SCFI-2001 MOD. NOM-127-SSA1-1994	<u>24</u>
pH VPN 6.5 - 8.5 Unidad pH	NMX-AA-008-SCFI-2011 MOD. NOM-127-SSA1-1994	<u>6.85</u>
Cloro residual VPN 0.2 - 1.5 mg/L	NMX-AA-108-SCFI-2001 MOD. NOM-127-SSA1-1994	<u>0.0</u>

♦ Se encuentra dentro de especificaciones microbiológicas.



**Imágenes recientes del agua captada de
lluvia después de la instalación de un
accesorio filtrante**



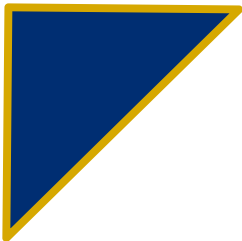


MARCO TEÓRICO



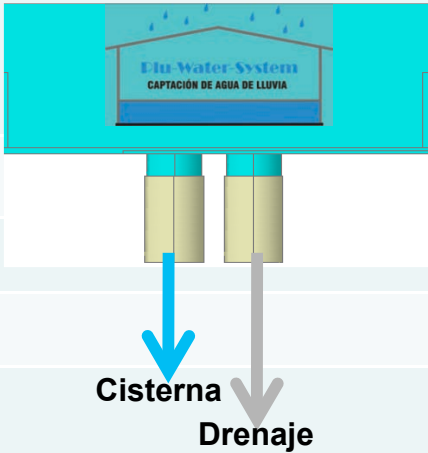
FUNDAMENTOS	DESCRIPCIÓN	CONTENEDOR
Estática	Sistema de fuerzas, todos los elementos deben estar en equilibrio.	
Hidráulica de orificios	Aplica para el vertedor.	
Dinámica	Movimiento descendente y ascendente del contenedor.	
Ecuación de continuidad	Volumen de agua que se capta dentro del contenedor y volumen de agua que se deja escapar.	
Teoría de resortes	Resortes contenidos en las piernas telescópicas.	





MARCO TEÓRICO



FUNDAMENTOS	DESCRIPCIÓN	BRAZOS
Fricción	Entre los travesaños y el cable, o bien el buje de PVC.	
Estática	Sistema de fuerzas con diferentes longitudes de cable, ángulos y apoyos.	
FUNDAMENTOS	DESCRIPCIÓN	VÁLVULA
Estática	Sistema de fuerzas entre la tapa compuerta, los brazos y el contenedor.	
Dinámica	Fuerzas en movimiento.	
Hidráulica	Comportamiento del fluido.	
Fricción	Travesaño y Placa deslizante.	
Teoría de resortes	Resorte dentro de la válvula que forma parte del sistema de fuerzas integral.	



DE LO MICRO – a lo - MACRO

	SUPERFICIE	NÚMERO	VOLUMEN	AGUA de LLUVIA	DATOS PROACTIVA SISTEMA CUTZAMALA		DISMINUCIÓN DE
	PROMEDIO	DE	REAL	POSIBLE DE CAPTAR	CONSUMO	Ahorro de	EMISIÓN DE GASES
TIPO DE VIVIENDA	CAPTACIÓN	VIVIENDAS	X CAPTAR	EN EL D.F.	ENERGÍA	Volumen Captado	CO2
	m2	ÁREA METRO	m3/año	m3/Año	Kw/m3	Kw/Año/vivienda	Kg/año
INTERÉS SOCIAL	60	1,773,409	41.04	72,780,705.36	39.58	2,880,660,318.15	2,269,960,330.70
INTERÉS MEDIO	120	571,780	82.08	46,931,702.40	39.58	1,857,556,780.99	1,463,754,743.42
RESIDENCIAL	300	43,345	205.2	8,894,394.00	39.58	352,040,114.52	277,407,610.24
		2,388,534		128,606,801.76		5,090,257,213.66	4,011,122,684.36
							4,011,122.68 TON

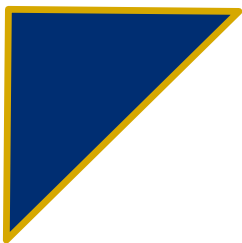


AGUA de LLUVIA POSIBLE DE CAPTAR EN EL D.F.	
352,347.40	m3/día
14,681.14	m3/hr
244.69	m3/min
4.08	m3/seg

DATOS PROACTIVA
AHORRO DE ENERGÍA POR EL VOLUMEN CAPTADO EN VIVIENDAS DENTRO DEL ÁREA METROPOLITANA
Kw/Año/m3/Captados
5,090,257,213.66

DISMINUCIÓN DE EMISIÓN DE CO2
DEBIDO AL AHORRO DE ENERGÍA POR VOLUMEN DE AGUAS DE LLUVIA CAPTADO EN VIVIENDAS DENTRO DEL ÁREA METROPOLITANA
TON/Año/m3/Captados
4'011,122.68 Toneladas

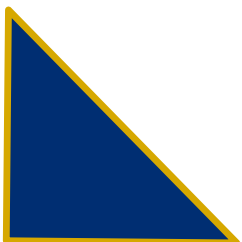
Estos números nos indican que el tema de la captación de agua de lluvia no es despreciable. Se deben evaluar los métodos o sistemas con los que se capta esta agua y si cuenta con la calidad suficiente como para ser reinyectada a los mantos acuíferos. Ahora es necesario iniciar con la creación del **NOM** para sistemas captadores de agua de lluvia, para uso y consumo humano o reinyección.



Proyecto Sustentable en Agua - FES ACATLÁN



- ☐ Mantenimiento preventivo para evitar fugas de agua.
- ☐ Instalación de planta de tratamiento para uso del agua en riego.
- ☐ Captación de agua de lluvia para uso y reinyección.
- ☐ Campañas culturales para el ahorro y buen uso del agua.



Planta de tratamiento
de aguas FES-ACATLÁN
Patente Instituto de Ingeniería



Cap. Máx. 7.5 lt/seg
Operará los 365 días del año



Sistema de Captación de
Agua de Lluvia PWS
Patente ssi



Captación Promedio
30,390 m3/Año



Ciclo sustentable del Agua en FES Acatlán



-  Consumo
-  Tratamiento, riego e infiltración
-  Captación, uso y reinyección

Conclusiones:

- El sistema no consume energía, Kw = 0
- El sistema es autónomo.
- Bajo costo de mantenimiento.
- No interrumpe el ciclo hidrológico.
- Su vida útil garantizada es de mínimo 10 años.
- Capta agua de lluvia de excelente calidad.

MODELO	Q MÁX. DE CAPTACIÓN LTS/MIN	PRECIO INSTALADO	VOL. PROM CAPTACIÓN 10 AÑOS	VIDA ÚTIL PROMEDIO EQUIPO	COSTO ANUAL	COSTO M3
PWS-3	0.91	\$ 17,000.00	390.00	10	\$ 1,700.00	\$ 4.36
PWS-4	1.62					
PWS-6	3.65					
PWS-8	6.49					
PWS-12	14.59					

Colaboradores de Proyecto

Ing. Álvarez	Chávez	Jorge
Ing. Arce	Paz	Héctor
Ing. Arroyo	Gudiño	Oscar
C.P. Calderón	García	Octavio
Ing. Chávez	César	Arturo
Ing. Chávez	Domínguez	Arturo César
Ing. Coss	Camacho	Francisco
Ing. Dueñas	González	Daniel Domingo
Lic. Escudero	Herrera	Ángeles
Lic. Jarquín	Gijón	Pedro Pablo
Lic. López	Rodríguez	Sara María
Ing. Mandujano	Ventura	Gabriel
Ing. Núñez	López	Samuel
Ing. Ortiz	Olguín	Juan Carlos
Dr. Rivera	Vargas	Darío
Sr. Tavizon	López	Miguel
Sr. Torres	Velázquez	Alain
Sr. Torres	Velázquez	Rodolfo
Ing. Tovar	Portillo Cruz	Jannet
Ing. Valera	Negrete	Agustín
Ing. Velázquez	Torres	Federico